Zur

Entwicklung der Schädelnähte

bei Frühgeborenen

Von

Berndt Richtsteiger

München 1967

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546019_0039

Aus der Kinderklinik der Universität München im Dr. von Haunerschen Kinderspital

Direktor: Prof. Dr. A. Wiskott

Zur Entwicklung der Schädelnähte bei Frühgeborenen

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin

verfaßt und

einer Hohen Medizinischen Fakultät

der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Berndt Richtsteiger

aus

Bochum

1967

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. A. Wiskott

Mitberichterstatter: Dr. W. Schuster

Dekan: Prof. Dr. M. Kiese

Tag der mündlichen Prüfung: 17.10. 1967

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Meinen Eltern in Dankbarkeit gewidmet

Inhaltsverzeichnis

I. Einleitung

II. Entwicklung des Schädels und der Schädelnähte
1) Entwicklung der Schädelbasis und der Kalotte
2) Entwicklung der Nähte

III. Röntgenologische Darstellung der Nähte

IV. Meßmethode und Untersuchungsgut

V. Ergebnisse und Besprechung

VI. Zusammenfassung

VIII. Literaturverzeichnis

Meßskizzen Tabellen Graphische Darstellung

I. Einleitung

Die Beurteilung der Röntgenaufnahmen des Schädels von Säuglingen führt oft zu diagnostischen Problemen. Besondere Schwierigkeiten bereiten die Schädelnähte und die Frage, ob die Nahtweite noch im Bereich des Normalen liegt oder als pathologisch anzusehen ist. Zur Klärung dieser Frage war man bisher auf den subjektiven Eindruck und die persönliche Erfahrung angewiesen. So ist es nun Aufgabe dieser Untersuchung, an Hand einer objektiven und exakten Methode, die Werte und Varianzen der Schädelnähte an seitlichen Schädelaufnahmen zu bestimmen. Im Vordergrund steht die Frage nach der Nahtentwicklung bei den Frühgeborenen, deren Beurteilung wegen ihres physiologischen Ossifikationsrückstandes recht schwierig ist.

II. Entwicklung des Schädels und der Schädelnähte

1. Entwicklung der Schädelnähte und der Kalotte

Die Skelethülle des Gehirns entwickelt sich von basal nach cranial, weshalb Wechselwirkungen zwischen Schädelbasis und Gewölbe erst später manifestwerden. Aus diesem Grunde soll zu Beginn kurz auf die Entwicklung der knorpeligen Schädelbasis eingegangen werden. Sie entsteht aus der dünnen Mesenchymschicht, welche das Hirnrohr zunächst umhüllt, aber schon bei 6 mm langen Embryonen eine Verdichtung erkennen läßt, die direkt an das Wirbelsäulenblastem anschließt. Die erste Entwicklung von Stützgewebe läßt sich in dieser Mesenchymschicht nachweisen, und bereits bei 11 mm langen Embryonen erkennt man um die Hypophysenanlage herum die ersten Vorknorpelkerne. Im Alter von 7 Wochen(32 mm) sind die Knorpel, die den späteren Schädelbasisknochen entsprechen, vollzählich vorhanden.Die später einsetzende Verknöcherung der knorpeligen Schädelbasis verläuft nicht gleichzeitig, sondern während Teile schon weitgehend verknöchert sind, bleiben andere noch rein knorpelig. Außerdem erfolgt die Reihenfolge der Verknöcherung meist unabhängig von dem Zeitpunkt des Auftretens der Knorpelkerne. Der Beginn der Ossifikation ist in das Ende des 2. Monats und in den 3. Monat zu legen.

Gleichzeitig mit der Anlage der Schädelbasis zeichnet sich eine andere Struktur auf der Basalseite des Gehirns ab. So gelingt es bei 11 mm langen Embryonen die Dura mater cerebri als Lamelle an der Schädelbasis zu erkennen. Die Differenzierung der Mesenchymhülle des Gehirns, der Meninx primitiva, in eine Leptomeninx und ein Durablatt beginnt an der Basis, während an der Konvexität des Hirnrohres sich als erstes eine Bindegewebehülle, der häutige Schädel ausbildet. Dieser häutige Schädel setzt sich basalwärts in die Anlage der knorpeligen Schädelbasis fort. Während also die Schädelbasis auf knorpeliger Grundlage entsteht(Ersatzknochen), bildet sich die Schädelkalotte durch direkte Ossifikation des häutigen Schädels(Deckknochen), wobei nach AUGIER dei Ersatzknochen des Schädels später als die Deckknochen auftreten. Die ersten Knochenbälkchen entstehen gemäß dem Gesetz der von basal nach cranial gerichteten Entwicklung in den basalen Anteilen von Os frontale und Os temporale. Im Os parietale erscheint erst etwas später ein basales Ossifikationszentrum, das mit einem kurz darauf entstehenden cranialem Zentrum verschmilzt. Die Verknöcherung der Kalotte schreitet von diesen Zentren aus rasch fort, im dann in dem Gebiet der späteren

Schädelnähte stark verzögert werden. Die zuerst basal auftretenden Knochenbälkchen bilden zunächst ein unregelmäßiges Gitterwerk und erst später ordnen sie sich, radial ausstrahlend, um ein verdichtetes Zentrum an. In diesen Zentren springen die einzelnen Kalottenknochen etwas vor und man bezeichnet diese Stellen als Tuber. In Modellversuchen und polarisations-optischen Untersuchungen hat KOKOTT gezeigt, daß der häutige Schädel mit einer Blase verglichen werden kann, die durch ihren Binnendruck gespannt wird. Allerdings hat diese Blase keine Kugelform, da die Schädelbasis durch ihr charakteristisches Relief die Schädelkalotte in ihrer Form beeinflußt. Fünf Vorsprünge, die im wesentlichen den Kapseln von Nase, Augen und Ohren entsprechen, sind Verankerungspunkte von Faserbüscheln, die in das häutige Schädeldach einstrahlen. Die fünf Verankerungspunkte sind Christa galli, jederseits die Ala parva minor und die Labyrinthkapseln. Von diesen Punkten aus entwickeln sich frühzeitig Zuggurtungen für das Schädelgewölbe, wobei die Faserbögen, die das Schädelgewölbe in sagittaler und frontaler Richtung verstreben, sein Grundgerüst bilden und später den Schädelnähten entsprechen.(THEILER) Veränderungen in der Ausbildung der Schädelbasis werden sich deshalb auf die Form des Schädeldaches auswirken. Zwischen diesen Zuggurtungen entstehen die sogenannten Lokalspannungsfelder, eine Struktur zweiter Ordnung, in der sich ein System von radiär angeordneten Fasern ausbildet, welche senkrecht auf die Gurtungen einstrahlen. Die Zentren dieser Lokalspannungsfelder entsprechen aber nicht den Ossifikationszentren (KOKOTT, POPA), sondern diese folgen in ihrer Entwicklung der von basal nach cranial fortschreitenden Entwicklung(THEILLER). In diese Mechanostruktur des Schädeldaches fügt sich diejenige der Dura organisch ein, wie POPA und auch DEGGELER gezeigt haben.

Die weitere Entwicklung der Schädelkalotte gliedert sich in zwei Wachstumsphasen. In der ersten Phase ist die Entwicklung durch einen starken Zuwachs von Nahtknochen gekennzeichnet, während ungefähr vom zweiten Lebensjahr an der Schädel hauptsächlich durch einen Anbau von Knochen an die fetale Spongiosa sich verdickt. Der Knochen gewinnt dabei auf Kosten von Endo- und Pericranium an Dicke(ERDHEIM). Während des außerordentlich raschen Wachstums innerhalb des ersten Lebensjahres, welches sich dann stark verlangsamt, wird also die Volumenzunahme durch die Neubildung des Nahtbindegewebes und der Verknöcherung an den Rändern der Knochenschuppen gewährleistet. Mit dem Beginn der zweiten Phase zeichnet sich die endgültige Abgrenzung einer Tabula interna und einer Tabula externa ab, während gleichzeitig die Diploe entsteht.

Die flächenhafte Ausdehnung der Schädelknochen durch die Neubildung des Nahtbindegewebes muß aber mit der gewölbten Form in Einklang gebracht werden und zwar so, daß sich der Krümmungsradius der Kalotte den jeweiligen Gelegenheiten anpaßt. Dabei wird an der Innenseite des Schädels zentral und an dessen Außenseite peripher Knochen abgebaut, womit die geforderte Anpassung erreicht ist. ERDHEIM bezeichnet diesen Vorgang in Anlehnung an MAIR als die "Modellierende Apposition". Über die Bedeutung des Nahtbindegewebes für das Volumenwachstum, im Gegensatz zu einem ebenfalls angenommenen duralen Knochenabbau und pericraniellen Knochenabbau, was ein Verlagern der Kalotte nach außen bedingen soll, haben sich im Laufe der Zeit sehr unterschiedliche Meinungen gebildet. So nahm schon VIRCHOW eine zusätzliche Volumenvergrößerung an, die durch den erwähnten An- und Abbau erfolge. LOESCHKE, WEINHOLT und SITSEN sahen ebenfalls diesen duralen Knochenbau, und THOMA hielt sogar die Funktion des Nahtbindegewebes im 3. Lebensjahr für beendet und schrieb jede weitere Größenzunahme nur dem interstitiellen Knochenwachstum zu. BERNSTEIN und ERDHEIM wiederum lehnten diese Ansicht ab und machten allein das Nahtbindegewebe für die Volumenvergrößerung verantwortlich. Sie wurden in ihrer Meinung durch Tierexperimente bestätigt(GIBLIN und ALLEY; LAITINEN;TROITZKY) und entsprechen damit den heute herrschenden Anschauungen

2. Entwicklung der Nähte

Bei der Entstehung der Schädelknochen verzögert sich die Ossifikation im Breich der Nähte sehr stark. Über die Ursache der Nahtbildung sind eine Reihe von Theorien aufgestellt worden, die einmal die Lage der Nähte für mechanisch vorbestimmt halten(THOMA, SITSEN) und andererseits an durch Vererbung festgelegte Nahtstreifen glauben(AICHEL). Diese letztere Ansicht hat v.GUDDEN, später TROITZKY, durch Tierversuche, bei denen er ohne Verletzung der Dura ein Stück Knochen zusammen mit der Naht entfernte und an gleicher Stelle der Knochen und die Naht regenerierte, bestätigt. Wurde die Gehirnhaut aber mit abgelöst, so blieb die neuerliche Nahtbildung aus. SITSEN meinte allerdings, mit diesem Experiment sei nur die schon bekannte Tatsache bewiesen, daß die Knochenbildung von der Dura mater, besonders von deren Cambiumschicht aus erfolgt.

Das Nahtbindegewebe, gelegen zwischen den jeweils benachbarten Knochenrändern, wird zum Schädelinneren hin durch die Dura und nach außen durch das Periost begrenzt. Nach Untersuchungen von SITSEN, BERNSTEIN, PRITCHARD, SCOTT und GIRGIS besteht das Nahtbindegewebe aus verschiedenen Schichten, deren histologisches Bild in den verschiedenen Altersstufen differiert. Dieses zunächst sehr zellreiche und mit zahlreichen Blutgefäßen durchsetzte Bindegewebe erneuert sich ständig. Neugebildete und zu Bündeln zusammengefaßte Bindegewebsfasern strahlen in die Schuppenränder als Sharpeysche Fasern ein und dienen so dem Halt zwischen Naht und Knochen. Der zunnächst primitive Haftknochen wird umgebaut und durch den reifen Lamellenknochen ersetzt. Bis zum zweiten Lebensjahr, also innerhalb der Zeit des stärksten Schädelwachstums, ist die Neubildung am intensivsten. Mit Erreichen der endgültigen Schädelgröße wird das Gewebe immer zellärmer, die einzelnen Faserbündel immer zarter, die Gefäße weniger und außerdem beteiligen sich protoplasmareiche Wanderzellen an der Rarefizierung des Bindegewebes. Schließlich sistiert die Regeneration des Nahtbindegewebes vollständig. Die Ränder der Nahtspalten sind in den ersten Lebensmonaten gerade und glatt oder leicht wellig kontouriert; man bezeichnet diesen Zustand als „Harmonia". Gegen Ende des ersten Lebensjahres mit der Ausbildung der Diploe und der Tabula interna und externa tritt eine Änderung ein. Von nun an läßt sich eine weiterhin glatt verlaufende innere Naht von einer, sich durch eine beginnende Zähnelung auszeichnenden, äußeren Naht abtrennen. Bis zum dritten Lebensjahr, eventuell schon früher, ist diese Zähnelung voll ausgeprägt. Bis heute ist über ihre Ursache noch keine Entscheidung gefallen. Nach THOMA steht sie mit der sogenannten

Nahtlinienwellenbewegung in Verbindung, die durch die Pulsation des Gehirns gegen die Schädelwand, den Zug der außen ansetzenden Muskeln und Bänder und die häufige Schwergewichtsverlagerung des Kopfes ausgelöst werden soll. SITSEN macht ebenfalls äußere Einflüsse verantwortlich. Dagegen glaubt HAAS an eine gengebundene Beziehung, da bei manchen Tieren zum Teil keine Nahtzähne angefunden werden. In die gleiche Richtung weisen anthropologische Untersuchungen(MARTIN-SALLER), wonach sich für die Ausbildung der Nähte, besonders ihrer Zähnelung, erhebliche Rassendifferenzen ergeben. TORGENSEN, der die Erbfaktoren für die Anomalien der Schädelnähte untersuchte, kommt zu ähnlichen Folgerungen. Er nimmt zwei, den Nahtverlauf bestimmende, Gengruppen an, wobei die eine die Lage der Ossifikationszentren bestimmt und die andere die Obliterationsgeschwindigkeit.

Wie schon früher dargelegt, kommt dem Nahtbindegewebe während der ersten schnellen Wachstumsphase des Schädels eine entscheidende Bedeutung zu. In diesem Zusammenhang sind die Schädelnähte und ihr Nahtbindegewebe mit der Knorpelwucherungszone der Epiphysen der Röhrenknochen verglichen worden. FREDERIC spricht von einer Schädeldachepiphyse und MAIR weist den Nähten gleichfalls ausdrücklich Epiphysencharakter zu. Dieser Vergleich ist allerdings nur bedingt richtig, indem nicht die Sutur an sich, sondern die Spannungsverhältnisse und der Wachstumsdruck des Gehirns als der eigentliche morphogenetische Reiz betrachtet werden müssen. Autoren wie ERDHEIM, FREDERIC, v.GUDDEN, LOESCHKE und WEINHOLT, TROITZKY, VIRCHOW u.a. weisen der Hirnentwicklung die primäre und übergeordnete Bedeutung zu und nehmen an, daß der durch die intracranielle Volumenzunahme entstehende Druck das Nahtbindegewebe in Spannung hält und dadurch der Anreiz zur Neubildung gegeben wird. Das Nahtbindegewebe paßt sich den Erfordernissen des Hirnwachstums an, so daß in den ersten zwei Jahren die Tendenz zur Neubildung sehr stark ist,von dieser Zeit an aber allmählich nachläßt. Es genügt nach SITSEN, wenn jede Naht pro Jahr 1 mm neuen Knochen anlagert, damit die normale Entwicklung gewährleistet ist.

III. Röntgenologische Darstellung der Nähte

Bei der röntgenologischen Darstellung der Nähte und ihrer diagnostischen Auswertung ergeben sich Schwierigkeiten, deren Ursprung einmal im jeweiligen anatomischen Zustand der Nähte und andererseits in der unterschiedlichen Qualität der Röntgenaufnahmen begründet ist.So muß man sich darüber im klaren sein, daß man bei der Beurteilung einer offenen Naht zu unterschiedlichen Resultaten gelangen kann,je nachdem, ob man die Frage anatomisch, klinisch oder röntgenologisch stellt. Grund der unterschiedlichen Ergebnisse ist die nicht gleichzeitige Obliteration von Externa und Interna, weshalb man in einem solchen Fall anatomisch von partieller Synostose und klinisch von einer vollständigen sprechen muß. Röntgenologisch läßt sich diese Frage nicht eindeutig beantworten.Deshalb wird man die Naht röntgenologisch für sicher offen nur dann erklären, wenn bei entsprechender Projektion eine durch den ganzen Querschnitt des Schädelknochens, also auch durch die Diploe, durchlaufende Nahtspalte gefunden wird(HAAS). Dieser Forderung entsprechen die Nähte bei den hier zu vermessenden Schädelaufnahmen von Frühgeborenen, bei denen die Nähte noch durch das Nahtbindegewebe überbrückt werden.Allerdings erfolgt der Übergang des Nahtbindegewebes in den Knochen kontinuierlich, weshalb die Nähte in ihrer röntgenologischen Darstellung meist verhältnismäßig unscharf erscheinen, was sich natürlich auf die Meßgenauigkeit ungünstig auswirkt. Zu diesen anatomisch bedingten Problemen gesellen sich dann noch eventuell technische Unzulänglichkeiten der Aufnahmen.

In der Literatur sind die Angaben über die röntgenologische Darstellung der Nähte recht spärlich. Erste Angaben finden sich in den Arbeiten von HAAS(1930). Später veröffentlichen HENDERSON und SHERMAN(1946) Untersuchungen, in welchen sie erstmals Maße für die Nahtweite de Sutura sagittalis, Sutura coronalis und der Sutura lambdoidea angeben, gewonnen an den Röntgenaufnahmen von 100 Neugeborenen. Sie fanden folgende Werte:

1) Sutura lambdoidea	1,5 - 10,0 mm
2) Sutura coronalis	1,5 - 11,0 mm
3) Sutura sagittalis	3,0 - 17,0 mm

Diese Meßwerte wurden in der späteren Literatur immer wieder übernommen, obwohl sie kaum eine exakte Auskunft geben, denn es ist der Untersuchung nicht zu entnehmen, wie und an welcher Stelle des Nahtverlaufes diese Werte gewonnen wurden.Weitere Arbeiten, wie die von CHRISTENSEN,LACHMANN, BRUES(1955) und CROCELLA(1960), befassen sich mit den Schädelnähten unter röntgen-anatomischen Gesichtspunkten und machen keine neuen Angaben über

die Nahtweiten. TÖNNIS und KLEISASSER(1959) machen einen Vorschlag, die Nahtweite der Coronarnaht im tangential getroffenen Scheitel zu messen und halten Werte von mehr als 3 mm im 3 - 5 Lebensjahr für pathologisch. 1965 geben SCHUSTER und GERSTAKER eine Methode zur objektiven Schädelnahtmessung an seitlichen Schädelaufnahmen an und bestimmen mit ihrer Hilfe die Nahtentwicklung der Neugeborenen im Alter von 0 - 12 Wochen.

IV. Meßmethode und Untersuchungsgut

Grundlage aller Methoden von Schädelmessungen am Röntgenbild ist die mathematisch-statistische Auswertung objektiver Messungen an einem genügend großen Bildkollektiv. Die auf diese Art gewonnenen Ergebnisse genügen der Forderung, den subjektiven Eindruck des Betrachters durch ein objektives Maß zu ersetzen. Sie sichern gleichzeitig die Abgrenzung des Normalen vom Pathologischen innerhalb der Grenzen der Variabilität. Entsprechend wurden unter anderem Methoden für die Diagnostik der Sella turcica und die Hirnschädelmessungen(BERGERHOFF;SCHMID und FILTHUTH) angegeben. In Anlehnung an die Überlegungen von SCHMID und FILTHUTH erarbeiteten SCHUSTER und GERSTAKER eine Methode der objektiven Schädelnahtmessung an seitlichen Röntgenaufnahmen. Für die Messung der Nähte wurden Hilfslinien gewählt, die den Nähten parallel verlaufen und deren Endpunkte anatomisch eindeutig fixiert sind.

1) Für die Messung der Coronarnaht:
   Linie zwischen Tuberculum sellae und Bregma

2) Für die Messung der Temporalnaht:
   Linie zwischen vorderer und hinterer Seitenfontanelle

3) Für die Messung der Lambdanaht:
   Linie zwischen Synchondrosis intraoccipitalis posterior und Lambda

Auf diese Linien werden die Mittelsenkrechten konstruiert und deren in den Bereich der Nähte fallende Abschnitte gemessen. Mit Hilfe dieser Methode lassen sich die Maß- und Proportionverschiebungen in der Entwicklung der Nähte auf relativ einfache und objektive Weise verfolgen. Während nun SCHUSTER und GERSTAKER die Entwicklung der Nähte bei Neugeborenen untersuchten und für Frühgeborene in der Gewichtsgruppe 1500 - 2500 g die Messungen nicht aufgliederten, soll nun in der hier vorliegenden Untersuchung nach der gleichen Methode die Entwicklung der Schädelnähte bei Frühgeborenen dargestellt werden.Bei der Auswertung der Röntgenbilder ergeben sich einige Probleme, die röntgenologische Darstellung der Nähte betreffend. So war z.B. die Temporalnaht bei einer ganzen Reihe von Aufnahmen gar nicht oder nur sehr schlecht zu erkennen oder die Schatten der Ohrmuscheln, welche sich an die gleiche Stelle projezieren, verhinderten die Auswertung.Die Coronarnaht und die Lambdoidalnaht bereiteten weniger große Schwierigkeiten, wenn auch öfter ihre unscharfe Darstellung eine

exakte Messung erschwerten. Ergänzt werden diese Messungen durch Schädelmessungen mit folgenden drei Strecken in Anwendung der Methode von SCHMID und FILTHUTH.

Strecke V Anterior-posteriorer Durchmesser
(röntgenologisch äußerer Schnittpunkt der squama frontalis und der partes orbitales ossis frontalis-Lambda)

Strecke VI Cranio-caudaler Durchmesser
(Synchondrosis intraoccipitalis posterior-Bregma)

Strecke VII Biparietaler Durchmesser

Mit Hilfe dieser Messungen soll das Hirn-Schädelwachstum mit der Entwicklung der Nähte verglichen werden.Die Benutzung weitgehend gleicher Punkte wird den immer vorhandenen persönlichen Fehler vermindern helfen. Alle benuzten Röntgenaufnahmen entstanden in dem heute üblichen Brennfleck-Filmabstand von 1 m. Aus diesem Grunde wurden auf die Umrechnung der Projektionsgrößen in absolute Größen verzichtet, zumal der Fehler nur wenige Prozent ausmacht und bei den Meßgrößen keine praktische Bedeutung hat.
Die oben geschilderten Meßmethoden wurden also an den Röntgenaufnahmen von Frühgeborenenschädeln durchgeführt. Bei der Definition der Frühgeburt hielt man sich an die von der Weltgesundheitsorganistion festgelegte, wonach ein lebendes Kind, das 2500 g oder weniger wiegt, als Frühgeburt zu bezeichnen ist. Für statistische Fragestellungen hat diese Definition den Nachteil, daß auch untergewichtige Reifgeborene(Mangelgeburten, pränatale Dystrophie)erfaßt werden, die in ihrem funktionellen Verhalten nur teilweise Frühgeborenen entsprechen, während andererseits praemature Totgeburten nicht dazu gerechnet werden. Da aber andere Merkmale, wie etwa die Körpergröße,noch größeren Schwankungen unterworfen sind, hat man sich allgemein in der Praxis dieser Definition angeschlossen, sicher angeregt durch die Tatsache, daß in der Behandlung von unreifen Frühgeborenen, praenataler Dystrophie(Mangelgeburt) und Mehrlingskinder kein Unterschied zu machen ist.
Von Frügeborenen mehrerer Jahrgänge wurden die seitlichen Schädelaufnahmen ausgewertet. Um ein einheitliches Bildkollektiv zu besitzen und um die Berechnung der Normvarianz zu ermöglichen, wurden pathologische Schädel von vornherein ausgesondert.
Der Wunsch nach einer Differenzierung der Ergebnisse nach unterschiedlichem Reifegrad der Frühgeborenen führte zu einer Unterteilung des

gesamten Kollektivs in drei Gewichtsklassen:

1) 1000 - 1500 g

2) 1501 - 2000 g

3) 2001 - 2500 g

Es sollen auf diese Weise eventuell vorhandene signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen untersucht werden. Weiter aufgegliedert wurde nach den Aufnahmedaten und zwar in 14 tägigen Abstand, um die jeweilige Entwicklung verfolgen zu können. So ergab sich folgende Aufgliederung der Gesamtzahl von 126 Aufnahmen:

Wochen	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	
1000-1500 g		1	2	9	6	18
1501-2000 g	1	13	18	12	3	47
2001-2500 g	15	29	16	1		61
	16	43	36	22	9	

V. Ergebnisse und Besprechung

Von den gefundenen Meßwerten wurden entsprechend der Unterteilung die Mittelwerte und die zugehörigen mittleren quadratischen Streuungen nach der Formel $S=\sqrt{\frac{\sum(x'-x)^2}{n-1}}$ berechnet. Der Zähler $\sum(x'-x)^2$ stellt die Summe der Quadrate der Abweichungen vom Mittelwert dar. Dividiert wird durch die Anzahl der Messungen, vermindert um 1, um die Varianz auf ein unbekannt großes Kollektiv zu beziehen.

Tabelle 1 und 2 enthalten die Ergebnisse. Die Tabellen sind im Anhang einzusehen.

Aus der gezeigten Verteilung der Aufnahmen wird deutlich, wie sich das Geburtsgewicht, d.h. die Reife der Frühgeborenen bemerkbar macht. Die Ursache liegt in dem unterschiedlich langen Inkubatoraufenthalt der Kinder und dementsprechend verschieben sich auch die Entlassungstermine. Versuche, die benötigten Aufnahmen im Inkubator zu machen, scheiterten an der mangelnden Qualität, d.h. der Schärfe der Aufnahmen, so daß leider die Entwicklung der Nähte in den drei Gruppen nicht kontinuierlich verfolgt werden konnte. Als besonders zeitraubend erwies sich die Aufstellung des Kollektivs in der Gruppe 1000 - 1500 g. Frühgeborene dieser Gewichtsklasse werden natürlich seltener geboren, weshalb auch nur eine verhältnismäßig geringe Zahl von Aufnahmen vorhanden ist, was die Genauigkeit der statistisch ermittelten Werte leider mindert.

Betrachtet man die Werte der Tabellen 1 und 2 zusammenfassend, so gelangt man zu folgenden Ergebnissen:

Die Einzelkollektive in den verschiedenen Altersstufen sind zu klein, um aus den Zahlen eine sichere Aussage über die Entwicklung machen zu können. Die Verteilung der Aufnahmen über die gesamte Zeit von 0 - 10 Wochen in den drei Gruppen ist nicht gleichmäßig. Die Frage eines vorhandenen signifikanten Unterschiedes der Meßreihen läßt sich daher nicht berechnen und ist wahrscheinlich bei den Varianzen, so weit sie sich für die gewählte Gewichtsunterteilung ergeben haben, auch nicht anzunehmen.

Aus diesen Gründen wurden die Daten aller Gruppen zusammengefaßt und die Mittelwerte und Varianzen neu berechnet und in den Tabellen 3 und 4 dargestellt.

Es zeigt sich, daß die Lambdanaht und die Coronarnaht in ihrer Weite abnehmen, allerdings sind die Unterschiede der Werte, bezogen auf einen 14 tägigen Abstand sicher nicht signifikant, da die Varianz der Mittelwerte zu groß ist. Die Lambdaweite und ebenfalls ihre Streuung erwiesen sich hierbei als die größten, was wohl mit der erheblichen postnatalen Wachstumsrate des Cerebellums im Zusammenhang steht. Der abweichende Wert

von 2,6 mm für die Coronarnaht in der 2. Woche, für die in der 4. Woche ein Wert von 3,6 mm gefunden wird, ist sicher ein zufälliger Fehler, bedingt durch das kleine Kollektiv. Die Zahlenangaben für die Temporalnaht zeigen ein unklares Bild, denn innerhalb der ausgewerteten Zeitspanne steigen und sinken sie, doch nur um Bruchteile der gewählten Maßeinheit (mm), so daß die Vermutung nahe liegt, daß die Temporalnaht während dieser Zeit ihre Größe nicht oder kaum ändert. Die Schwankungen beruhen sicher auf der zu kleinen Zahl von Aufnahmen. Wie erwartet zeigen die gemessenen Strecken eine Zunahme, besonders die Strecken V und VI, während die Strecke VII, also der biparietale Durchmesser, erst etwas ansteigt, um dann wieder gering zu fallen, womit bei ihm wohl das gleiche wie bei der Temporalnaht zu sagen ist.

Eine Korrelationsberechnung einer reziproken Abhängigkeit zwischen dem Volumenwachstum des Schädels und der Abnahme der Nahtweite läßt sich auf Grund der hier vorhandenen Werte nicht mit genügender Sicherheit durchführen.

Auffallend ist die wesentlich kleinere Varianz der Streckenmaße gegenüber der der Nähte, was zu einem Teil an dem sicher größeren Meßfehler der Nahtweite liegt und zum anderen auch biologische Gründe hat, denn die Standartgröße des Schädels, durch den Geburtsweg erzwungen, wird erst im Laufe der Zeit der biologischen Variabilität mehr und mehr unterworfen, während die Funktion der Nähte von vornherein ihnen eine viel größere Varianz sichert, die erst mit der zunehmenden Obliteration abnehmen wird.

Vergleicht man die Ergebnisse der Nahtweiten der ersten beiden Wochen bei den Frühgeborenen in der Untersuchung von SCHUSTER und GERSTAKER und den hier vorliegenden, so ergeben sich bei SCHUSTER und GERSTAKER etwas höhere Werte:

	L	T	C
1)	6,0 ± 1,3	3,9 ± 0,9	4,9 ± 0,7
2)	4,4 ± 1,9	2,4 ± 1,3	2,6 ± 1,0

Allerdings beziehen sich die Ergebnisse von 1) auf 45 Fälle und die von 2) auf 16.

Interessant ist eine Gegenüberstellung der Schädelnaht- und Streckenentwicklung bei den ausgetragenen Säuglingen und bei den Frühgeborenen, wie dies hier ausschnittsweise für die Werte der 8 - 10 Woche geschehen soll.

	L	T	C
1) Frühgeborene	3,0 ± 0,9	2,1 ± 0,9	2,4 ± 0,8
Ausgetr.Säugl.	2,2 ± 1,2	1,7 ± 0,5	2,0 ± 0,8

		V	VI	VII
2)	Frühgeborene	12,9 ± 0,6	10,8 ± 0,3	9,0 ± 0,9
	Ausgetr. Säugl.	13,7 ± 0,6	12,4 ± 0,7	11,0 ± 0,9

Auf Grund des Entwicklungsrückstandes hatte man wesentlich weitere Nähte bei den Frühgeborenen erwartet. Es zeigt sich aber, daß die Differenz der entsprechenden Werte weniger als 1 mm betragen und somit muß man den Rückstand in der Obliteration als sehr gering bezeichnen. Etwas deutlichere Differenzen zeigen die entsprechenden Schädelstreckenmaße, wobei die ausgetragenen Säuglinge in der Zeit von 8 - 10 Wochen einen Vorsprung von 0,8 - 2,0 cm haben.

Die größeren Streckenmaße entsprechen einem größeren Schädelvolumen, was sich auch im Vergleich der Gehirnschädelquotienten $Q = \frac{V + VI + VII}{3}$ (nach SCHMID und FILTHUTH) zeigt:

Q (8 - 10 Woche)	Ausgetr. Säuglinge	12,8 cm
	Frühgeborene	10,9 cm

Es ergibt sich nun die Frage, in wie weit die Mittelwerte der Nahtweiten bezogen auf die gesamte Altersspanne von 0 - 10 Wochen in den einzelnen Gewichtsklassen differieren. Folgende Tabelle zeigt die Ergebnisse:

	L	T	C	mm
1000 - 1500 g	3,5 ± 1,8	2,3 ± 1,3	3,5 ± 1,4	
1501 - 2000 g	3,6 ± 1,8	2,8 ± 1,5	3,2 ± 1,3	
2001 - 2500 g	4,1 ± 1,9	2,5 ± 1,4	3,4 ± 1,5	

VI. Zusammenfassung

Es wurden die Nahtweiten von 126 seitlichen Schädelaufnahmen von Frühgeborenen im Alter von 0 - 10 Wochen bestimmt, wobei die Meßstrecken auf anatomisch fixierte Meßpunkte bezogen wurden. Ergänzt wurden diese Messungen durch Schädelstreckenmessungen nach einer Methode von SCHMID und FILTHUTH. Die Aufteilung der Frühgeborenen nach den Gewichtsklassen 1) 1000 - 1500 g 2) 1501 - 2000 g 3) 2001 - 2500 g hat wegen zu kleiner Einzelkollektive keine verwertbaren Aussagen über die Naht- und Streckenentwicklung gebracht.

Die daraufhin vorgenommene Zusammenfassung aller Aufnahmen in eine Gruppe zeigt, daß die Nahtweiten der Frühgeborenen verglichen mit denen der ausgetragenen Säuglinge nur wenig größer sind. So haben sich Differenzen von weniger als 1 mm ergeben. Bei den Schädelstrecken beträgt der Rückstand der Frühgeborenen 0,8 - 2,0 cm. Ebenso bleibt die Streuung der Nahtweite in wesentlich engeren Grenzen als man früher angenommen hatte.

Die Berechnung der mittleren Nahtweiten für die Zeit von 0 - 10 Wochen getrennt nach den drei Gewichtsklassen zeigt folgendes Ergebnis:

	L	T	C	mm
1000 - 1500 g	3,5 ±1,8	2,3 ±1,3	3,5 ±1,4	
1501 - 2000 g	3,6 ±1,8	2,8 ±1,5	3,2 ±1,3	
2001 - 2500 g	4,1 ±1,9	2,5 ±1,4	3,4 ±1,5	

Die geringen Unterschiede von ungefähr 0,5 mm bei allen drei Nähten machen eine Gewichtsaufteilung für die klinische Diagnostik nicht erforderlich. Die ermittelten Meßwerte lagen für alle drei Gewichtsklassen bei der

Lambdanaht unter 4,1 + 1,9 mm
Temporalnaht unter 2,8 + 1,5 mm
Coronarnaht unter 3,5 + 1,4 mm

in der Altersspanne von 0 - 10 Wochen.

Die erhaltenen Nahtweiten und ihre Varianzen bieten einen guten Überblick über die Nahtentwicklung in dem angegebenen Zeitraum und helfen bei der Abgrenzung pathologischer und physiologischer Zustände.

Die Werte lassen einen so geringen Unterschied erkennen, daß für klinische Zwecke eine Aufgliederung nach Gewichtsklassen zur Bestimmung der Nahtweiten nicht erforderlich ist.

Wie schon betont leidet diese Untersuchung an dem zu kleinen Bildkollektiv, so daß manche Fragestellung nicht mit ausreichend statistischer Fragestellung beantwortet werden konnte, denn dazu wäre wohl ein umfangreicheres Material notwendig. Die vorliegenden Werte zeigen aber wesentlich engere Nähte und eine geringere Streuung als man vorher bei subjektiver Betrachtung der Schädelaufnahmen annehmen konnte. Es lassen sich also aus diesem nicht ganz zureichendem Material sichere Anhaltspunkte für die Dimensionen der Nähte und Strecken und die zugehörigen Varianzen ablesen, was einer objektiveren Abgrenzung von pathologischen und physiologischen Zuständen sehr dienlich ist.

VII. Literaturverzeichnis

1. Aichel,O.: Zur Frage der Entstehung abnormer Schädelformen
Verh. Ges. physische Anthropologie, Bd. 1,1926
Sonderheft d.3.Jahrg.d.anthr.Anzeigers

2. Augier,M.: Squelette céphalique
In Poirier-Chappy,Traité d Anatomie humaine,
4. aufl.,Bd.1,Paris:Masson u. Cie.,1931

3. Bergerhoff,W.: Messungen von Winkeln und Strecken an Röntgenbildern des Schädels
Fortschr.Röntgenstr.,77,62-73,1952

4. Bergerhoff,W.: u.A.Martin Messungen von Winkeln und Strecken am Röntgenbild des Schädels von Säuglingen und Kleinkindern
Fortschr.Röntgenstr.,80,742-749,1954

5. Bernstein,S.A.: Über den normalen histologischen Aufbau des Schädeldaches
Z.Anat.Entwickl.,101,652-678,1933

6. Caffey,J.: Pediatric X-Ray Diagnosis
4.Edition,The yearbook publishers,Chikago 1954

7. Christensen,J.B.: E.Lachmann, A.E.Brues A study of roentgen appearance of cranial vault sutures;correlation with the anatomy
Amer.J.Roentgenol.,83,615-627,1960

8. Crocella,A.: Anatomia radiografica delle suture del cranio
Arch.ital.Anat.Embriol.,60,201-255,1955

9. Deggeler,C.: Beitrag zur Kenntnis der Architektur des fetalen Schädels
Z.Anat.Entwicklung.,111,470-489,1942

10. Dziallas,P.: Zur Entwicklung des menschlichen Schädeldaches
Anat.Anz.,100,236-242,1954

11. Enke,A.: Die Schädelnähte unter normalen und pathologischen Verhältnissen
Diss.Köln,1961

12. Erdheim,J.: Der Gehirnschädel in seiner Beziehung zum Gehirn unter normalen und pathologischen Verhältnissen
Virch.Arch.path.Anat.,301,763-818,1938

13. Ewerbeck,H.: Der Säugling
Springer-Verlag 1962

14. Felsch,K.: Röntgenologie der Schädelnähte
Diss.Breslau 1936

15. Frederic,J.: Untersuchungen über die normale Obliteration der der Schädelnähte
Z.Anthrop.,9,373-456,1906

16. Freudenberg,K.: Grundriß der medizinischen Statistik
F.K.Schattauer-Verlag Stuttgart 1962

17. Giblin,N.: A method of measuring bone groth in the skull
A.Alley Anat.Rec.,83,381-387,1942

18. Gudden,H.v.: Experimentelle Untersuchungen über das Schädelwachstum
München 1874

19. Haas,L.: Über einige Probleme der Schädelnahtverknöcherung
Nervenarzt,3,284-291,1930a

20. Handbuch der medizinischen Radiologie,Band VII,1;
Röntgendiagnostik des Schädels
Springer-Verlag 1963

21. Henderson,S.G.: Roentgenanatomy of the skull in the newborn infant
Sherman,L.S. Radiology,46,107-118,1946

22. Köhler-Zimmer: Grenzen des Normalen und Anfänge des Pathlogischen im Röntgenbild des Skeletts
Georg Thieme Verlag 1956

23. Kokott,W.: Über den Bauplan des fetalen Hirnschädels
Morph.Jb.,72,341-361,1933

24. Laitinen,L.: Craniosynostosis.Praemature fusion of the cranial sutures
Ann.Paediat.Finn.,2.Suppl.6.,1-130,1956

25. Loepp,W.: Röntgendiagnostik des Schädels
Lorenz,R. Georg Thieme Verlag 1954

26. Loeschke,H.: Über den Einfluß von Druck und Entspannung auf das
Weinholt,H. Knochenwachstum des Hirnschädels
Beitr.path.Anat.,70,406-439,1922

27. Mair,R.: Untersuchungen über die Struktur der Schädelknochen
Z.mikr.anat.Forsch.,5,625-667,1926

Untersuchungen über das Wachstum der Schädelknochen
Z.Anat.Entwickl.,90,293-342,1929

28. Martin-Saller: Lehrbuch der Anthropologie Band II
3.Auflage,Gustav Fischer Verlag 1959

29. Ortiz,M.H.: Brodie,A.G. On the growth of the human head from the third month of the life
Anat.Rec.,103,311-333,1949

30. Parson,F.G.: Box,C.R. The relations of sutures to age
J.Roy.Anthr.Int.London,35,30-38,1905

31. Popa,G.: Mechanostruktur und Mechanofunktion der Dura mater des Menschen
Morph.Jb.,78,85-87,1936

32. Pritchard,J.J.: Scott,J.H. Girgis,F.G. The struture and development of cranial and facial sutures
J.Anat.London,90,197-214,1951

33. Schmid,F.: Filthuth,J Grundlage einer radiologischen Schädelmetrik
Mschr.Kinderheilk.,109,293-296,1961

Zur Biologie des Schädelwachstums
Mschr.Kinderheilk.,109,296-298,1961

Angewandte Schädelmetrik
Mschr,Kinderheilk.,109,298-302,1961

34. Schmid,F.: Weber,G. Röntgendiagnostik im Kindesalter
J.F.Bergamnn Verlag 1965

35. Sitsen,A.E.: Zur Entwicklung der Nähte des Schädeldaches
Z.Anat.Entwickl.,101,121-152,1933

Über die Ursachen der Verknöcherung der Schädelnähte
Frankf.Z.Path.,48,499-524,1935

36. Schuster,W.: Gerstaker,P Über die normale Entwicklung der Schädelnähte im Säuglingsalter und die klinische Verwertbarkeit der röntgenologischen Nahtbefunde
Mschr.Kinderheilk.,113,189-292,1965

37. Theiler,K.: Embryonale und postnatale Entwicklung des Schädels
Handbuch der medizinischen Radiologie Band VII
Rötgendiagnostik des Schädels
Springer Verlag 1962

38. Thoma,R.: Untersuchungen über das Schädelwachstum und seine Störungen
Virch.path.Anat.,219,80-191,1915
223,73-165,1917

39.Thoma,R.: Über die Geschwindigkeit des Volumenwachstums des Knochengewebes
Beitr.path.Anat.,72,184-194,1924 a

40. Tönnis,W.: Kleinsasser,O Über die röntgenologischen Zeichen erhöhten Schädelinnendruckes im Kindes- und Jugendalter
Z.Kinderhlk.,82,387-411.1959

41. Töndury,G.: Über den Bauplan des fetalen Schädels
Rev.suisse Zool.,49,194-200,1942

42. Torgensen,J.: Hereditäre Faktoren für die Anordnung der Schädelnähte
Acta Radiolog.,36,374,1951

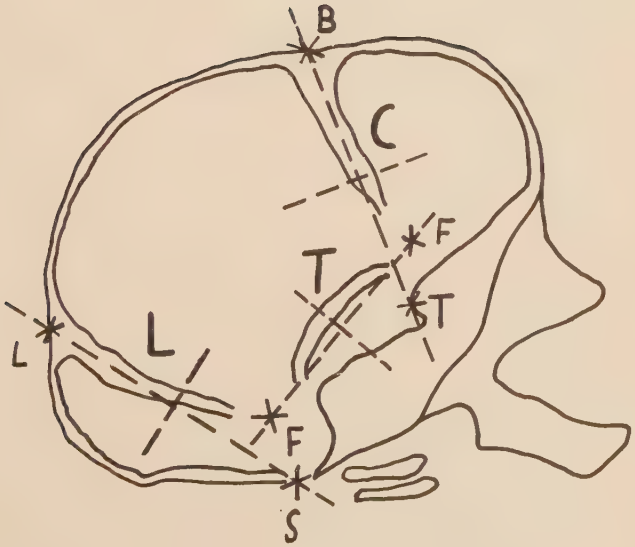
43. Troitzky,W.: Zur Frage der Formbildung des Schädeldaches
Experimentelle Untersuchungen der Schädelnähte und der damit verbundenen Erscheinungen
Z.Morph.Anthrop.,30,540-534,1932

44. Wolf,H.G.: Röntgendiagnostik beim Neugeborenen und Säugling
W.Maudrich,Berlin,Bonn,Bern 1959

45. Virchow,R.: Zur Pathologie des Schädels und des Gehirns
Ges.Abh.Würzburg,883-996,1856

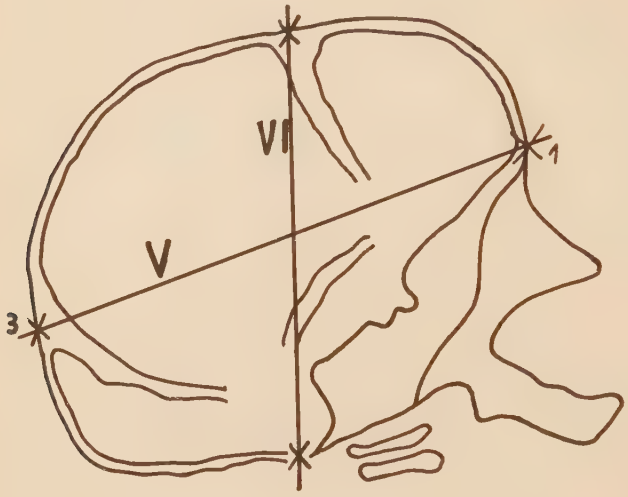
Meßstrecken zur Eintragung der Meßpunkte zur Bestimmung der Nahtweiten

B : Bregma (Scheitel der Coronarnaht)
L : Lambda (Scheitel der Lambdoidalnaht)
S : Synchondrosis intraoccipitalis posterior
F : Vordere bzw. hintere Seitenfontanelle
T : Tuberculum sellae



Meßpunkte und Strecken der Gehirnschädelstrecken V,VI,VII
(nach SCHMID und FILTHUTH)

Strecke V : Anterior-posteriorer Durchmesser (Pkt.1,Pkt.3)
Strecke VI : Cranio-caudaler Durchmesser (Pkt.2,Pkt.4)
Strecke VII : Biparietaler Durchmesser



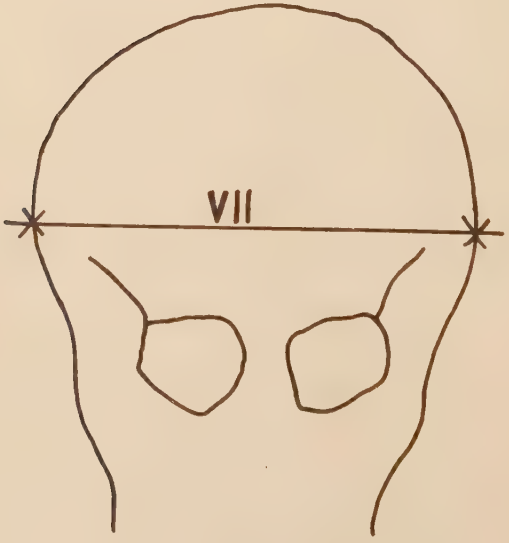


Tabelle 1

Schädelnähte (mm) und Varianzen von 126 Frühgeborenen im Alter von 0 – 10 Wochen gegliedert nach den Gewichtsgruppen:

1) 1000 – 1500 g 18 Frühgeborene
2) 1501 – 2000 g 47 Frühgeborene
3) 2001 – 2500 g 61 Frühgeborene

Lambdanaht

Wochen	0–2	2–4	4–6	6–8	8–10
1000–1500 g			2,5 ±0,9	4,7 ±1,5	2,6 ±1,3
1501–2000 g		4,3 ±3,0	3,8 ±1,9	3,7 ±2,5	
2001–2500 g	4,4 ±1,9	4,3 ±2,3	4,2 ±3,4		

Temporalnaht

Wochen	0–2	2–4	4–6	6–8	8–10
1000–1500 g			2,0 ±0,1	2,7 ±0,8	2,0 ±0,9
1501–2000 g		2,5 ±0,8	3,0 ±2,0	2,7 ±0,6	
2001–2500 g	2,4 ±1,3	2,5 ±1,3	2,6 ±1,2		

Coronarnaht

Wochen	0–2	2–4	4–6	6–8	8–10
1000–1500 g			4,1 ±1,2	3,7 ±1,4	2,2 ±0,7
1501–2000 g		3,4 ±1,3	3,2 ±1,4	2,6 ±1,2	
2001–2500 g	2,6 ±1,0	3,6 ±1,5	3,5 ±2,6		

Tabelle 2

Schädelstrecken (cm) und Varianzen von 126 Frühgeborenen im Alter von 0 – 10 Wochen, gegliedert nach den Gewichtsgruppen:

1) 1000 – 1500 g 18 Frühgeborene
2) 1501 – 2000 g 47 Frühgeborene
3) 2001 – 2500 g 61 Frühgeborene

Strecke V

Wochen	0–2	2–4	4–6	6–8	8–10
1000–1500 g			12,0 ±0,3	12,2 ±0,5	12,9 ±0,6
1501–2000 g		12,0 ±0,2	12,1 ±0,3	12,2 ±0,5	
2001–2500 g	11,6 ±0,5	12,1 ±0,3	12,5 ±0,6		

Strecke VI

Wochen	0–2	2–4	4–6	6–8	8–10
1000–1500 g			10,4 ±0,8	10,7 ±0,5	10,8 ±0,3
1501–2000 g		10,6 0,3	10,7 ±0,4	10,8 ±0,3	
2001–2500 g	10,0 ±0,3	10,4 ±0,7	10,8 ±0,3		

Strecke VII

Wochen	0–2	2–4	4–6	6–8	8–10
1000–1500 g			8,7 ±0,8	8,9 ±0,6	9,0 ±0,9
1501–2000 g		9,5 ±0,5	9,6 ±0,3	9,5 ±0,4	
2001–2500 g	9,3 ±0,5	9,5 ±0,4	9,8 ±0,4		

Tabelle 3

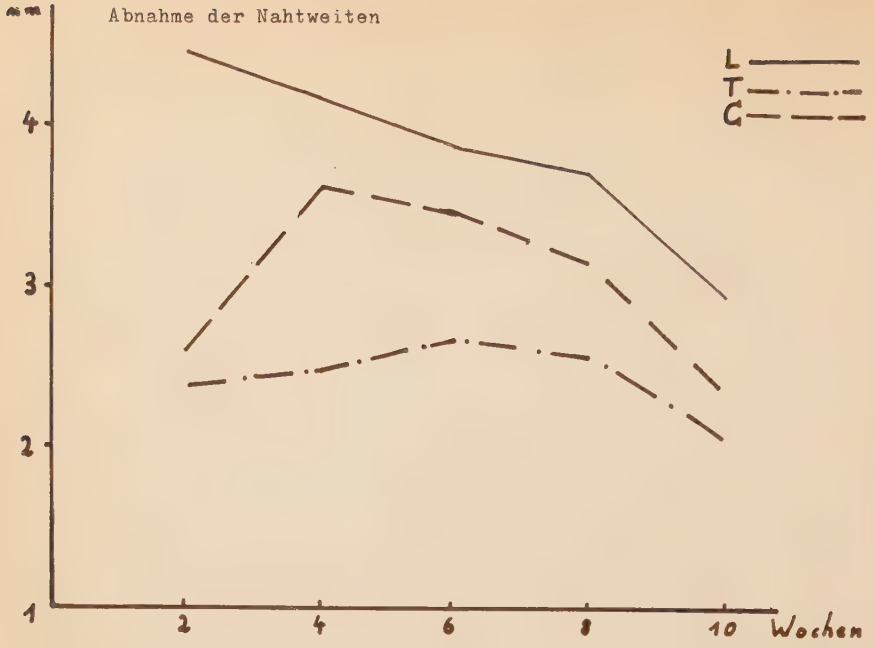
Schädelnähte (mm) und Varianzen von 126 Frühgeborenen im Alter von 0 - 10 Wochen

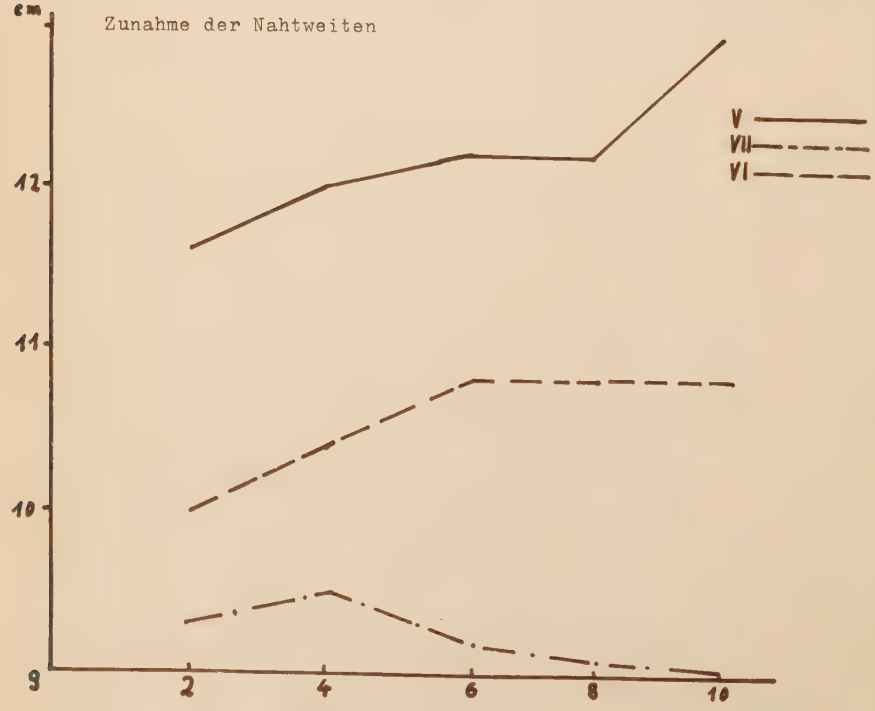
Wochen	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10
L	4,4 ±1,9	4,2 ±2,4	3,9 ±1,4	3,7 ±1,9	3,0 ±0,9
T	2,4 ±1,3	2,5 ±1,2	2,7 ±1,6	2,6 ±1,4	2,1 ±0,9
C	2,6 ±1,0	3,6 ±1,3	3,5 ±1,5	3,2 ±1,5	2,4 ±0,8

Tabelle 4

Schädelstrecken (cm) und Varianzen von 126 Frühgeborenen im Alter von 0 - 10 Wochen

Wochen	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10
V	11,6 ± 0,5	12,0 ± 0,3	12,2 ± 0,3	12,2 ± 0,6	12,9 ± 0,6
VI	10,0 ± 0,3	10,4 ± 0,2	10,8 ± 0,4	10,8 + 0,4	10,8 ± 0,3
VII	9,3 ± 0,5	9,5 ± 0,4	9,3 ± 0,5	9,1 ± 0,4	9,0 ± 0,9


Abnahme der Nahtweiten
mm
4
3
2
1
2
4
6
8
10
Wochen
L
T
C


Zunahme der Nahtweiten
cm
12
11
10
9
2
4
6
8
10
V
VII
VI

Für die Überlassung des Themas dieser Untersuchung und die stets hilfsbereite Unterstützung bei der Abfassung der Arbeit danke ich Herrn Dr. W. Schuster herzlich.

Lebenlauf

Ich, B E R N D T R I C H T S T E I G E R, wurde am 27. 12. 1940 in Hannover als Sohn des Oberchemierat Dr. Fritz Richtsteiger und seiner Ehefrau Elfriede, geb. Schmidt, geboren. Nach dem Besuch der Volksschule in Wienhausen bei Celle und in Bochum wechselte ich 1951 in Bochum in die Heinrich-von Kleist-Schule, einem mathematisch-naturwissentschaftlichen Gymnasium, wo ich im Jahre 1961 das Abitur bestand. An der Universität Würzburg begann ich daraufhin im Sommersemester 1961 das Studium der Medizin und bestand dort im Sommersemester 1962 die naturwissentschaftliche Vorprüfung. Das vorklinische Studium beendete ich mit der ärztlichen Vorprüfung. Im Wintersemester 1964/65 wechselte ich von der Universität Würzburg zur Universität München, wo ich das Medizinstudium mit dem Staatsexamen am 4. 8. 1967 beendete.